

市販キットの部品を使った

FET ドライブ 300 B シングル・ アンプの製作

■池田 敏弘■

本機の特徴

真空管 300 B が市場に豊富に出回り、メーカーや生産工場にこだわらなければ、比較的リーズナブルな価格で入手できるようになりました。300 B そのものの特性を考慮しますと、シングルで 5 W を越える出力が可能、3 極管のためひずみ成分の大部分が偶数次のものであることなど、音楽再生装置に適したデバイスといえます。今回、独自の駆動方式による 300 B シングル・アンプを設計/製作しましたので、発表させていただきます。

まず、このアンプのおもな特長を下記に示します。

- (1) FET 駆動真空管アンプ
- (2) フルリモコン動作
- (3) 電子セクタ/電子 VR・方式
- (1) FET 駆動

300 B シングル・アンプのほとんどは、第 1 図に示す 310 A など 5 極

管による駆動、あるいは、第 2 図に示す 6 SL 7 などの 3 極管による SRPP (シャント・レギュレーテッド・プッシュプル) による駆動、さらに、第 3 図に示す 6 SN 7 などの 3 極管カソード接地 2 段による駆動、のいずれかが見受けられます。

それぞれ長所短所があり、甲乙付け難いものがありますが、これらはさまざまなメディアでたびたび紹介され、ワン・パターン化しているともいえます。そこで今回は、独自性を持たせること、回路動作のシンプル性と作りやすさなどを考慮した結

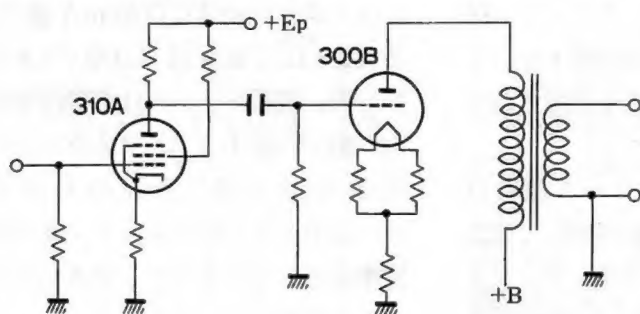
果、高 g_m 、高 P_D (許容損失) の FET を使用した差動増幅回路による駆動方式としました。第 4 図に基本回路仕様を示します。

FET は真空管と同様に電圧制御素子であり、真空管との相性も比較的良好、入力コンデンサを廃止することが可能です。高 g_m の FET を使用することで負荷抵抗 R を小さくすることができ、高域の f 特の点でも有利となります。また差動入力のため、無帰還、有帰還とを容易に変更することも可能です。

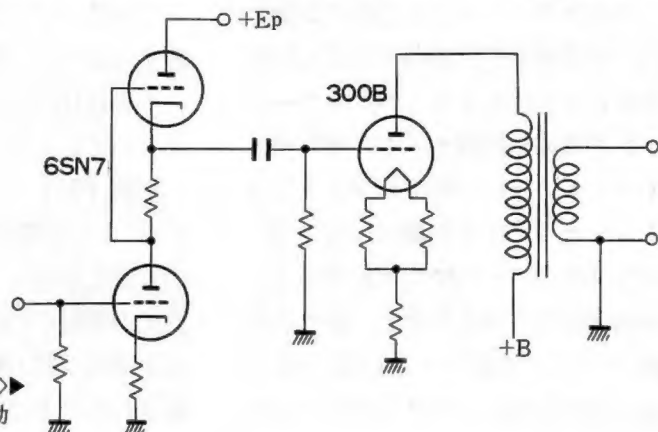
なお、今回の FET 駆動回路は



FET ドライブ 300 B
シングル・アンプの外観。筆者の現
用機はフル・リモコン仕様となっている



▲〈第 1 図〉 5 極管 310 A などによる 300 B の駆動



◀〈第 2 図〉▶

3 極管 (6 SL 7 など) の SRPP による 300 B の駆動

抗を介して接続すれば、負帰還を掛けることも可能な回路です。このとき、初段差動出力のどちらの出力を300 Bのグリッドに接続するのかは、出力トランスの極性仕様に応じて決定します。

では、電圧増幅段の各素子の電流設定値について、第6図を使って簡単に説明します。

電流設定値をどの点に置くかは、素子の最大定格に対する余裕のない設計をしないかぎり、読者のポリシーに沿って設計を進められたらよい、と考えます。

私の設計ポリシーは、各素子の I_{DSS} や h_{fe} 等を測定しなくても、指定ランクの素子を使用して本レポートどおり製作するだけで、失敗なしに、ここに発表したレベルの特性と本機独特の音楽再生能力を実現することです。

初段における直流関係の近似値は、下記ようになります。

$$I_c = 2 I_D$$

$$\begin{pmatrix} I_c: Q5 \text{ の定電流値} \\ I_D: Q1, 2 \text{ の各ドレイン電流} \end{pmatrix}$$

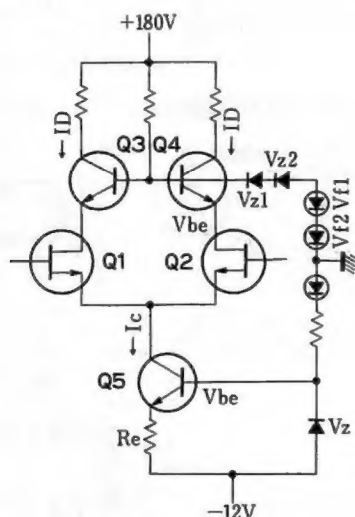
最初に I_D の目標値を決めます。

$$I_D = I_{DSSmin} / 2 = 14 / 2 = 7 \text{ (mA)}$$

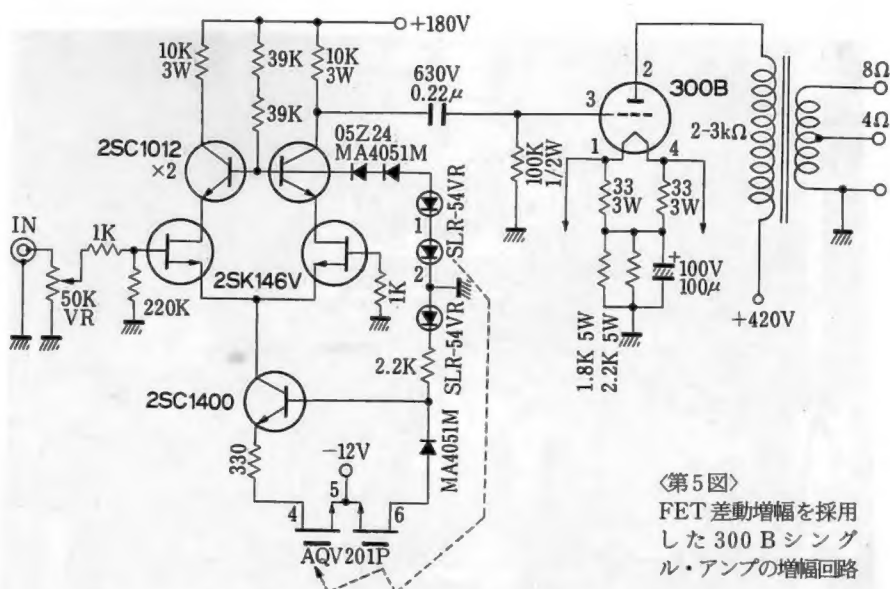
(I_{DSSmin} : Vランク I_{DSS} 最小値)

とします。 $I_c = 14 \text{ mA}$ なので、

$$R_e = (V_z - V_{be}) / I_c$$



〈第6図〉初段まわりの定数設定



〈第5図〉
FET差動増幅を採用した300Bシングル・アンプの増幅回路

$$\begin{aligned} &= (5.1 - 0.65) \text{ (V)} / 14 \text{ (mA)} \\ &= 318 \text{ (}\Omega\text{)} \rightarrow 330 \text{ (}\Omega\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} V_z: \text{MA 4051 M ツェナー電圧} \\ V_{be}: Q5 \text{ ベース・エミッタ電圧} \end{pmatrix}$$

となります。

カスコード接続の基準電圧 V_s は、2SK146Vの耐圧を考慮し、33Vとします。 V_s は、ツェナー・ダイオード、LED、フォトMOSの入力側を組み合わせ実現しています。

$$\begin{aligned} V_s &= V_{z1} + V_{z2} + V_{f1} + V_{f2} \\ &= 24 + 5.1 + 2 + 2 = 33.1 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} V_{z1}: 05Z24 \text{ ツェナー電圧} \\ V_{z2}: \text{MA 4051 M ツェナー電圧} \\ V_{f1}: \text{LED 順方向電圧} \\ V_{f2}: \text{AQV 201 入力側順方向電圧} \end{pmatrix}$$

2SK146Vの最大ゲート・ドレイン電圧は40Vですので、定格内です。損失 P_D は以下のとおりです。

$$\begin{aligned} P_D &= (V_s - V_{be}) I_D \\ &= (33.1 - 0.65) \times 7 \\ &= 227 \text{ (mW)} \end{aligned}$$

(V_{be} : Q3ベース・エミッタ間電圧)

最大許容損失600mW($T_a = 25^\circ\text{C}$)に対し、余裕があります。

カスコード接続に使用される2SC1012は、最大コレクタ・ベース電圧が165Vですので、初段の電源電圧を、前記電圧とカスコード接続基準電圧とを足した値以下、すなわ

ち198.1V以下にする必要があります、約180Vとしました。カスコード接続 Tr の損失 P_c はつぎのとおりで、

$$\begin{aligned} P_c &= (180 - V_r - V_s) I_D \\ &= (180 - 70 - 33.1) \times 7 \\ &= 538 \text{ (mW)} \end{aligned}$$

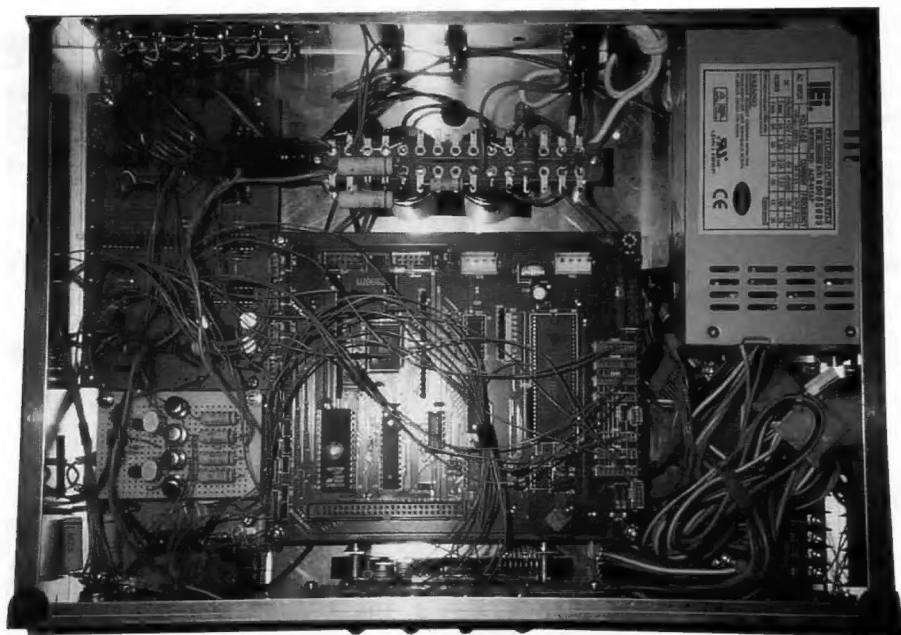
$$\begin{pmatrix} V_r: \text{初段負荷抵抗の両端電圧} \\ V_s: \text{カスコード接続基準電圧} \end{pmatrix}$$

最大許容損失2.5W($T_c = 25^\circ\text{C}$)に対し、十分余裕があります。

出力段の回路定数は、電源トランスの電圧と出力トランスのインピーダンスにより決定されます。今回使ったキットの出力トランスの1次側インピーダンスは2~3k Ω のようです。300Bのプレート電圧 E_p は350V弱で、プレート電流 I_p を60mA強とするためバイアス電圧は60V強となり、カソード側抵抗は約1k Ω (1.8k/2.2k) となります。交流的ロスをなくするため抵抗とパラにバイパス・コンデンサを接続します。

アンプの裸ゲインのほとんどを初段で稼がなければならず、出力トランスのロスを検討しますと、初段で100倍以上のゲインが必要となります。初段のゲインはつぎの近似式で表わされ、初段ゲイン A_1 は、

$$\begin{aligned} A_1 &= g_m \cdot R_{L1} / 2 = 40 \text{ m} \cdot 10 \text{ k} / 2 \\ &= 200 \text{ (倍)} \end{aligned}$$



●筆者現用機はフル・リモコン仕様のため内部配線は非常に複雑になっている

今回は+5 V, ±12 V 電源をコンパクトにするため ATX 電源を使用しましたが、ファンの音が気になるかたは、スイッチング電源を好まないかたは、電源トランスを用い、ドロップ型の3端子素子などによる安定化電源を使用されたらよいでしょう。

もちろん、ふつうの音量 VR のみの場合は、マイコン系の+5 V, 電子セクタ/電子 VR 用の±5 V は必要なく、増幅部初段の負電圧のみが必要ですが、ヒータ電圧用巻線から倍圧整流することで-12 V を取り出すことができます。

この電源トランスは R コアで、電源 ON 時のラッシュ電流が大きいため、ON した瞬間は 18 Ω を介して 1 次電流が流れ、その後 18 Ω を短絡する形式をとっています。初段電源電圧を Tr の耐圧の関係で約 180 V にするため、7.5 kΩ の抵抗

(g_m : 2 SK 146 V の g_m
(R_{L1} : 初段 2 SK 146 V の負荷)
となり、FET 1 段増幅で十分なゲインを稼ぐことができ、5 極管による増幅に比べ、初段負荷の抵抗値を 1 桁小さくすることができます。

出力トランスの資料がないため、トランスに関するパラメータを推定値とし、出力段のゲインを考えますと、つぎの近似式で表され、2 段目のゲイン A_2 は、

$$A_2 = (\mu \cdot R_{L2} / (R_{L2} + r_p)) \\ = (3.84 \times 3000) / (3000 + 760) \\ = 3(\text{倍})$$

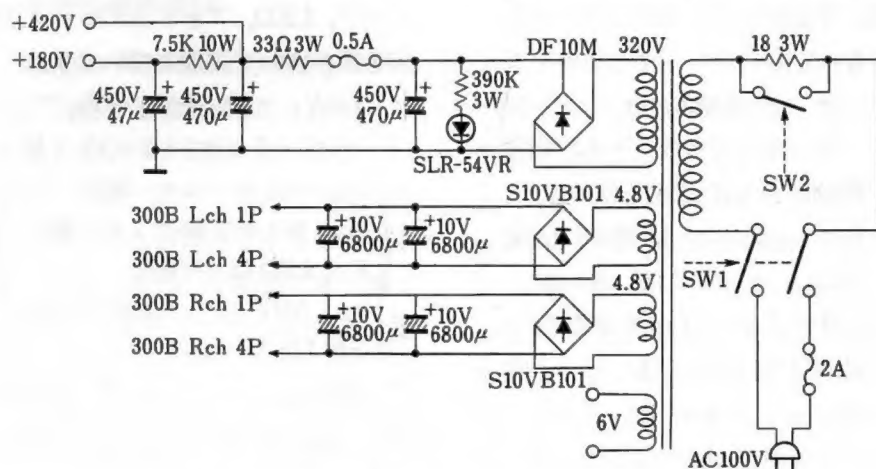
$$(\mu: 300 \text{ B の } \mu \\ (R_{L2}: 300 \text{ B の負荷} \\ (r_p: 300 \text{ B の } r_p)$$

となり、出力トランス・ゲイン A_3 を 0.05 とすると、出力段のゲインは、0.15 倍となります。

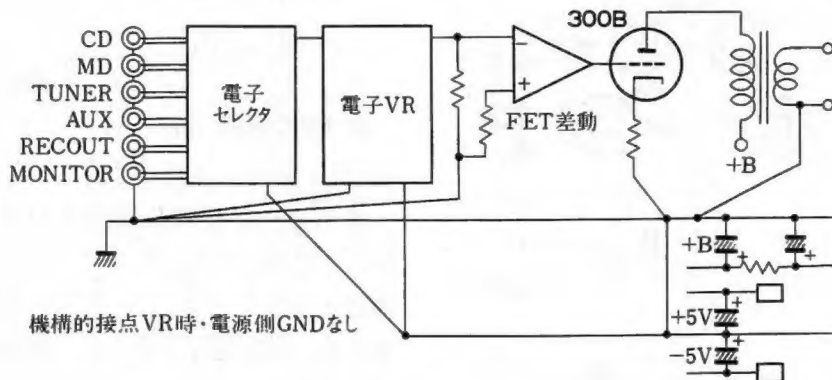
以上の算出値より、総合裸ゲインは約 30 倍と推定されます。

電源部回路図を第 7 図に示します。マイコン系の+5 V, 電子セクタ, 電子 VR の±5 V には、PC で使用されている ATX 電源を活用しました。ただし、電子セクタ, 電子 VR はオーディオ系となりま

すので、ATX 電源の±12 V から 3 端子レギュレータ AN 7805 F/ AN 7905 F を介して±5 V を供給する形をとりました。また増幅部初段定電流回路の負電圧は、ATX 電源の-12 V より供給しています。



〈第 7 図〉本機電源部の回路。リモコンや電子 VR 用の電源は省く



〈第 8 図〉本機のアース・ラインのとりかた

を介して電圧を落としています。カスコード接続の Tr に耐圧の大きなものを使用すれば、この抵抗を用いる必要はなくなります。

300 B のヒータは、大容量コンデンサを使って平滑した DC 点火としています。

製作と調整

おもな基板は、電子セクタ/電子 VR 部、増幅部初段部、マイコン部の3種から構成されていて、出力段部はラグ板を活用し、配線しています。

本機のグラウンドの引き回しを第8図に示します。入力 RCA ジャック端子のコールド側をシャーシに落とし、スピーカ端子の GND は、出力段用整流回路の電解コンデンサの GND より少しシャーシ側にずれたポイントから取り出します。

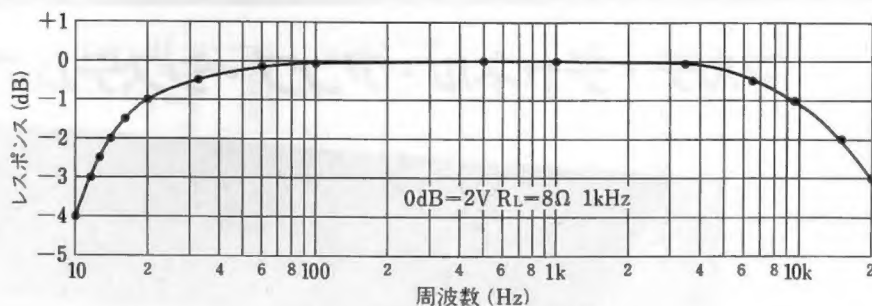
整流された電源の配線は、+側のリード線と一側のリード線をより合わせ、磁束を打ち消します。同様、電源トランスの2次側の配線をより合わせ、1次側は、ライブ(L)側のリード線とニュートラル(N)側のリード線をより合わせます。

組立・配線が完了したら、回路図どおりに確実に配線されているかを十分確認してください。このアンプは調整箇所がありませんので、配線に誤りさえなければ、即、音楽を楽しむことができます。

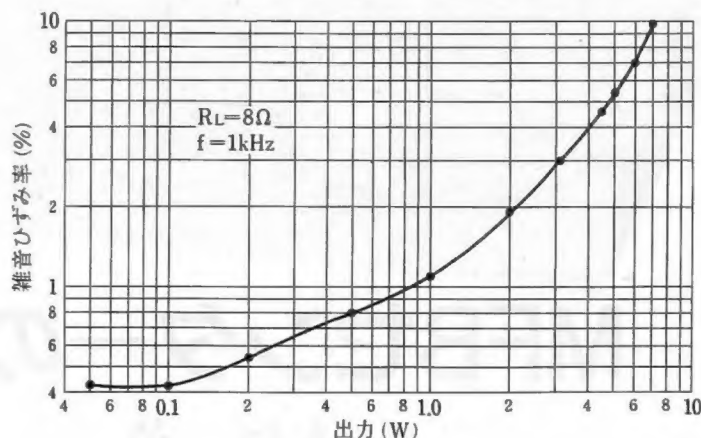
電源トランスの電源 SW を ON します。つぎに、ラッシュ防止抵抗短絡 SW を ON にします。これで音楽を楽しめます。電源を OFF するときは、まず電源トランスの SW を OFF し、つぎに抵抗短絡 SW を OFF します。

電気特性

本機は無帰還でゲインは 26 倍強あります。8 Ω 負荷、0.1 V_{rms} 入力



〈第9図〉本機の周波数特性



〈第10図〉
本機の雑音ひずみ率
特性

で、L_{ch} 出力が 2.65 V_{rms}、R_{ch} 出力が 2.61 V_{rms} となっています。

周波数特性を第9図に示します。無帰還ということで、11.5 Hz ~ 19.5 kHz +0, -3 dB 以内というかまぼこ型のナローな特性です。

雑音ひずみ率特性を第10図に示します。3極管ですので、電圧変動によるハムの影響が気になりますが、400 Hz HPF を ON にしても変化はあまりなく、ハムの影響は抑えられています。ひずみは、出力段 300 B のひずみが主体であり、V-FET アンプ(99年8月号)の雑音ひずみ率特性を1桁強悪くしたレベルで、特性カーブは真空管シングル・アンプ特有のソフト・ディストーション形となっています。

なお、これらの特性は、電子セクタ/電子 VR も含んだアンプ・トータルでの特性です(CD・IN→SP・OUT)。NFB を施せば、f 特もひずみ率も改善されますが、音楽再生においては、無帰還仕様の方が感度が高いためか聴感上よいように感じる

ので、無帰還で使用しています。

本機の試聴は自作の CD プレーヤと ALTEC 405-8 H (自作パスレフ)で行いました。

音は、前記の V-FET アンプに近い傾向で、ナローな周波数特性に関わらず、音に厚みと瞬発力が感じられ、低域~高域までバランスよく再生してくれます。いずれにせよ、この FET 駆動 300 B アンプは無調整で製作できる懐かしく新しい真空管アンプで、市販アンプでは味わうことのできない視覚的要素と聴覚的要素とを味わうことができ、音楽再生を楽しめます。

本機についての質問、ご意見のあるかたは、下記の電子メールへメッセージをお送りください。ホームページにおいてもこれまで発表した装置などの紹介をしています。

●ホーム・ページ

<http://www.geocities.co.jp/Technopolis-Mars/4871/>

●電子メール

seychelle777@hotmail.com